



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 03 329 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 23/48**  
H 01 L 25/16  
H 01 L 21/60

②① Aktenzeichen: 197 03 329.6  
②② Anmeldetag: 30. 1. 97  
②③ Offenlegungstag: 6. 8. 98

DE 197 03 329 A 1

⑦① Anmelder:  
Asea Brown Boveri AG, Baden, Aargau, CH  
  
⑦③ Vertreter:  
Lück, G., Dipl.-Ing. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 79761  
Waldshut-Tiengen

⑦② Erfinder:  
Etter, Peter, Oberehrendingen, CH; Frey, Tony, Dr.,  
La Jolla, Calif., US; Zehringer, Raymond, Dr.,  
Künten, CH

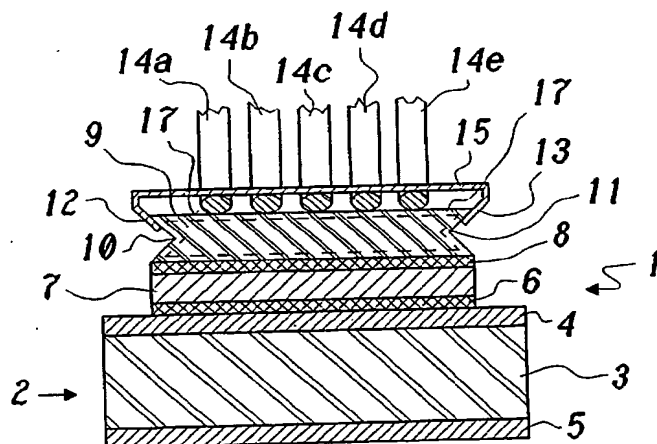
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	195 29 237 C1
DE	41 11 247 C2
DE	36 43 288 C2
DE	41 32 947 A1
DE	41 22 428 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Leistungshalbleitermodul

⑤⑦ Bei einem Leistungshalbleitermodul (1) mit wenigstens einem Halbleiter-Chip (7), welches auf seiner Oberseite mittels auf eine Kontaktierfläche (17) aufgebondeten Bonddrähten (14a-e) elektrisch kontaktiert ist, wird eine stark verbesserte Lastwechselfestigkeit dadurch erreicht, daß zusätzlich Haltemittel (12, 13, 15) vorgesehen sind, welche die Bonddrähte (14a-e) auf die Kontaktierfläche (17) drücken und auf der Kontaktierfläche (17) halten.



DE 197 03 329 A 1

## TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Leistungselektronik. Sie betrifft ein Leistungshalbleitermodul mit wenigstens einem Halbleiter-Chip, welches auf seiner Oberseite mittels auf eine Kontaktierfläche aufgebondeten Bonddrähten elektrisch kontaktiert ist.

Ein solches Leistungshalbleitermodul ist z. B. aus der EP-A1-0 597 144 bekannt.

## STAND DER TECHNIK

Hochleistungshalbleitermodule sind Komponenten für die Leistungselektronik. Ein Modul beinhaltet in der Regel mehrere Halbleiterbauelemente, die zu einer logischen Funktionseinheit, z. B. einer Halbbrücke, zusammengefaßt werden können. Solche Module (Thyristor-, Transistor-, IGBT- oder Dioden-Module) sind heute im Leistungsbereich bis zu 2500 V und einigen 100 A weit verbreitet und werden vor allem in Industrieantrieben eingesetzt.

In Traktionsantrieben haben diese Module bisher nur sehr begrenzt Eingang gefunden. Dies liegt neben der begrenzten Strom- und Spannungstragfähigkeit der Module auch an der geforderten Langzeit-Zuverlässigkeit, die von bisher bekannten Modulen nicht erfüllt werden kann.

Beim heutigen Stand der Technik ist der dominierende Ausfallmechanismus das Ablösen von Bonddrähten auf der Oberseite der Siliziumbauelemente. Dieses Ablösen wird beobachtet nach einer Anzahl von Lastwechseln, bei denen das Bauelement mittels der selbst erzeugten Verlustwärme im Betrieb auf die maximal zulässige Betriebstemperatur aufgeheizt und danach wieder auf die Temperatur des Kühlers abgekühlt wird. Die maximale Anzahl von Lastwechseln, nach denen der erwähnte Ausfall auftritt, hängt empfindlich von der Kühlertemperatur, dem Temperaturhub, und der Geschwindigkeit der Temperaturänderung ab. In jedem Fall bleibt bei den Bauelementen nach dem Stand der Technik die erreichbare Lastwechselfestigkeit um Größenordnungen hinter der Anforderung für den Traktionsbereich zurück.

Im herkömmlichen Modul werden bevorzugt Drähte aus Reinstaluminium mit einer typischen Dicke von 300–500 µm auf eine Metallisierung des Halbleiter-Chips gebondet. Beim Bonden entstehen am Fußpunkt des Bonds verfahrensbedingt Rißkeime, die dann aufgrund der unterschiedlichen thermischen Ausdehnung des Bonddrahtes und der benachbarten Chipmetallisierung im Verlauf der o.g. Lastwechsel entlang der Chipoberfläche weiter fortschreiten können. Im Extremfall löst sich dann der Bonddraht vollständig von der Chipmetallisierung ab. Durch Auflöten einer metallisierten Scheibe, die gut an die Ausdehnungskoeffizienten sowohl von Silizium als auch Aluminium angepaßt ist, auf die Chipoberfläche und Bonden der Anschlußdrähte auf die Scheibe wird die Rißkeimbildung erheblich verringert. Jedoch tritt auch bei dieser Art des Aufbaus nach endlich vielen Lastwechseln schließlich eine Ablösung des Bonddrahtes ein.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Leistungshalbleitermodul zu schaffen, bei welchem die Lastwechselfestigkeit drastisch verbessert ist, so daß die Module auch im Traktionsbereich einsetzbar sind.

Die Aufgabe wird bei einem Leistungshalbleitermodul der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß zusätzlich

Haltemittel vorgesehen sind, welche die Bonddrähte auf die Kontaktierfläche drücken und auf der Kontaktierfläche halten. Der Kern der Erfindung besteht darin, die Lebensdauer der Bondverbindung dadurch zu erhöhen, daß durch zusätzliche Haltemittel die Bonddrähte gegen die Kontaktierfläche gepreßt werden. Durch den mechanischen Druck wird die Rißbildung stark behindert und eine Ablösung der Drähte sicher verhindert.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Moduls zeichnet sich dadurch aus, daß die Haltemittel als federnde Klammer ausgebildet sind, und die federnde Klammer aus einem elektrisch und thermisch gut leitenden Federmaterial, insbesondere einem temperaturbeständigen Federstahl, besteht. Durch die Ausgestaltung als federnde Klammer wird erreicht, daß der Anpreßdruck der Bonddrähte auch nach längerer Betriebsdauer sicher aufrechterhalten wird.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß auf den Halbleiter-Chip eine elektrisch leitende Zwischenscheibe mit ihrer Unterseite stoffschlüssig aufgebracht, insbesondere aufgelötet, ist, daß die Bonddrähte auf die Oberseite der Zwischenscheibe aufgebondet sind, und daß die Klammer an der Zwischenscheibe befestigt ist. Durch den Einsatz der Zwischenscheibe wird eine verbesserte Anpassung der thermischen Ausdehnung im Anschlußbereich und damit eine weitere Verringerung der Rißbildung ermöglicht. Die Befestigung der Klammer an der Zwischenscheibe hat zur Folge, daß am Leistungshalbleiterbauelement selbst und an dem darunter befindlichen Substrat keine konstruktiven Änderungen vorgenommen werden müssen, um die Klammer anbringen zu können.

Bei einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform ist die Klammer an der Zwischenscheibe lösbar befestigt, wobei zur lösbaren Befestigung der Klammer die Zwischenscheibe an gegenüberliegenden Seiten Kerben aufweist, und die Klammer an gegenüberliegenden Seiten einwärts gebogene Klammerleisten aufweist, welche in die Kerben der Zwischenscheibe eingreifen und die Klammer auf der Zwischenscheibe lösbar halten. Hierdurch ist es möglich, nach dem Bonden die Klammer durch einfaches Aufsnappen auf die Zwischenscheibe zu montieren.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

## KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden.

Es zeigen

Fig. 1 im Querschnitt (entlang der Linie I-I in Fig. 2) den inneren Aufbau für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Leistungshalbleitermoduls nach der Erfindung; und

Fig. 2 das Modul aus Fig. 1 in der Seitenansicht.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist im Querschnitt der innere Aufbau für ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Leistungshalbleitermoduls nach der Erfindung dargestellt. Das Leistungshalbleitermodul 1 umfaßt wenigstens einen (scheibenförmigen) Halbleiter-Chip 7 (Thyristor, Transistor, IGBT, Diode oder dgl.), welcher mit seiner (metallisierten) Unterseite mittels einer ersten Lötstange 6 auf die oberseitige Metallisierung 4 eines einer Keramikplatte 3 umfassenden Substrats 2 gelötet ist. Auf der Unterseite der Keramikplatte 3 bzw. des Substrats 2 ist eine unterseitige Metallisierung 5 vorgesehen, mit welcher die Keramikplatte 3 zur Abfuhr der Verlust-

wärme auf einen Kühlkörper gelötet werden kann.

Auf die (metallisierte) Oberseite des Halbleiter-Chip 7 ist mittels einer zweiten Lotschicht 8 eine (rechteckige) Zwischenscheibe 9 aufgelötet, die vorzugsweise aus einem durchgehend metallisierten Keramikmaterial (mit der Metallisierung 16) besteht, welches im thermischen Ausdehnungskoeffizienten an das Siliziummaterial des Halbleiter-Chip 7 (und an die aus Al bestehenden Bonddrähte 14a-e) angepaßt ist. Die Oberseite der Zwischenscheibe 9 bildet eine Kontaktierfläche 17, auf welche zur Herstellung des elektrischen Anschlusses ein oder mehrere Bonddrähte 14 bzw. 14a-e aufgebondet sind.

Die Bonddrähte 14 bzw. 14a-e werden im Bereich der eigentlichen Bondverbindung zusätzlich zur Bondverbindung von oben auf die Kontaktierfläche 17 gepreßt. Der erforderliche flächige Anpreßdruck wird mittels einer quer über die Bonddrähte 14a-e verlaufenden Klammer (Clip) 15 erzeugt, die an der Zwischenscheibe 9 lösbar befestigt (eingeschnappt) ist. Zur Befestigung dienen zwei V-förmige Kerben 10, 11 an gegenüberliegenden Seiten der Zwischenscheibe 9. In diese Kerben 10, 11 greift die Klammer 15 mit an gegenüberliegenden Seiten einwärts gebogene Klammerleisten 12, 13 ein. Grundsätzlich ist es jedoch auch denkbar, die Klammer 15 an einer anderen Stelle, z. B. am Substrat 2, zu befestigen.

Die Kontaktierung durch die Bonddrähte 14a-e erfolgt mit den üblichen Verfahren und Materialien der Drahtbondierung, wobei die Bonddrähte 14a-e über eine vorgegebene Bondlänge auf die Kontaktierfläche 17 aufgebondet sind. Nach erfolgter Drahtbondierung wird die Klammer 15 über die Bondfüße der Drahtverbindung montiert. Die Klammer 15 preßt mit dem zwischen den Klammerleisten 12, 13 angeordneten Mittelteil zusätzlich die gebondeten Aluminiumdrähte auf die metallisierte Zwischenscheibe 9 und unterdrückt so das Fortschreiten der Rißkeimbildung. Die Klammer ist von der Geometrie her so ausgelegt, daß sie die Bonddrähte 14a-e im wesentlichen über die gesamte Bondlänge auf die Kontaktierfläche 17 drückt.

Die Klammer kann z. B. aus elektrisch und thermisch gut leitenden, temperaturbeständigen Federstahlmaterialien bestehen, so daß auch bei extremsten Lastwechselbedingungen (Temperaturhub) ein gleichbleibender homogener Anpreßdruck der Aluminiumbondierungen auf die auf den Halbleiter-Chip 7 gelötete Zwischenscheibe 9 gewährleistet ist. Des weiteren erhöht die Klammer 15 den Wirkungsquerschnitt für die Übertragung des elektrischen Stromes, so daß die einzelnen Bondierungen im Vergleich zu herkömmlich gebauten Modulen weiter entlastet werden.

Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung auf einfache Weise ein Leistungshalbleitermodul mit einer stark verbesserten Lastwechselfestigkeit.

#### Patentansprüche

1. Leistungshalbleitermodul (1) mit wenigstens einem Halbleiter-Chip (7), welches auf seiner Oberseite mittels auf eine Kontaktierfläche (17) aufgebondeten Bonddrähten (14a-e) elektrisch kontaktiert ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzlich Haltemittel (12, 13, 15) vorgesehen sind, welche die Bonddrähte (14a-e) auf die Kontaktierfläche (17) drücken und auf der Kontaktierfläche (17) halten.
2. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Haltemittel als federnde Klammer (15) ausgebildet sind.
3. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die federnde Klammer (15) aus einem elektrisch und thermisch gut leitenden Federmaterial, insbesondere einem temperaturbeständigen Federstahl, besteht.
4. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf den Halbleiter-Chip (7) eine elektrisch leitende Zwischenscheibe (9) mit ihrer Unterseite stoffschlüssig aufgebracht, insbesondere aufgelötet, ist, daß die Bonddrähte (14a-e) auf die Oberseite der Zwischenscheibe (9) aufgebondet sind, und daß die Klammer (15) an der Zwischenscheibe (9) befestigt ist.
5. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Klammer (15) an der Zwischenscheibe (9) lösbar befestigt ist.
6. Leistungshalbleitermodul nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur lösbaren Befestigung der Klammer (15) die Zwischenscheibe (9) an gegenüberliegenden Seiten Kerben (10, 11) aufweist, und daß die Klammer (15) an gegenüberliegenden Seiten einwärts gebogene Klammerleisten (12, 13) aufweist, welche in die Kerben (10, 11) der Zwischenscheibe (9) eingreifen und die Klammer (15) auf der Zwischenscheibe (9) lösbar halten.
7. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kerben (10, 11) V-förmig ausgebildet sind.
8. Leistungshalbleitermodul nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bonddrähte (14a-e) über eine vorgegebene Bondlänge auf die Kontaktierfläche (17) aufgebondet sind, und daß die Klammer (15) die Bonddrähte (14a-e) im wesentlichen über die gesamte Bondlänge auf die Kontaktierfläche (17) drückt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

#### Bezugszeichenliste

- |                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1 Leistungshalbleitermodul       | 55 |
| 2 Substrat                       |    |
| 3 Keramikplatte                  |    |
| 4, 5 Metallisierung              |    |
| 6, 8 Lotschicht                  |    |
| 7 Halbleiter-Chip                | 60 |
| 9 Zwischenscheibe (metallisiert) |    |
| 10, 11 Kerbe (V-förmig)          |    |
| 12, 13 Klammerleiste             |    |
| 14, 14a-e Bonddraht              |    |
| 15 Klammer (Clip)                | 65 |
| 16 Metallisierung                |    |
| 17 Kontaktierfläche              |    |

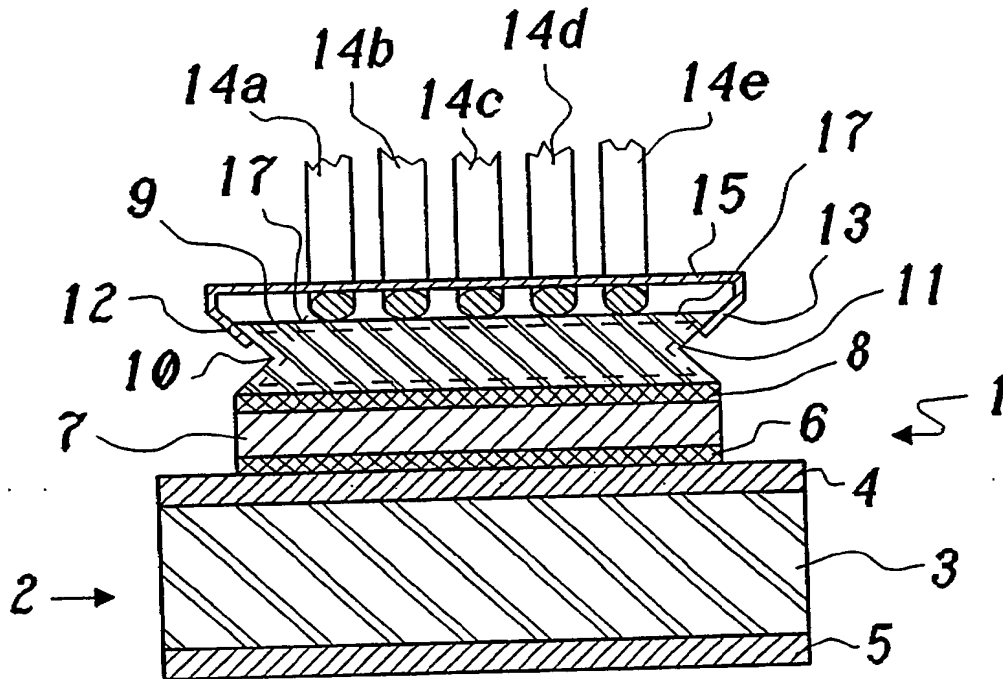


Fig. 1

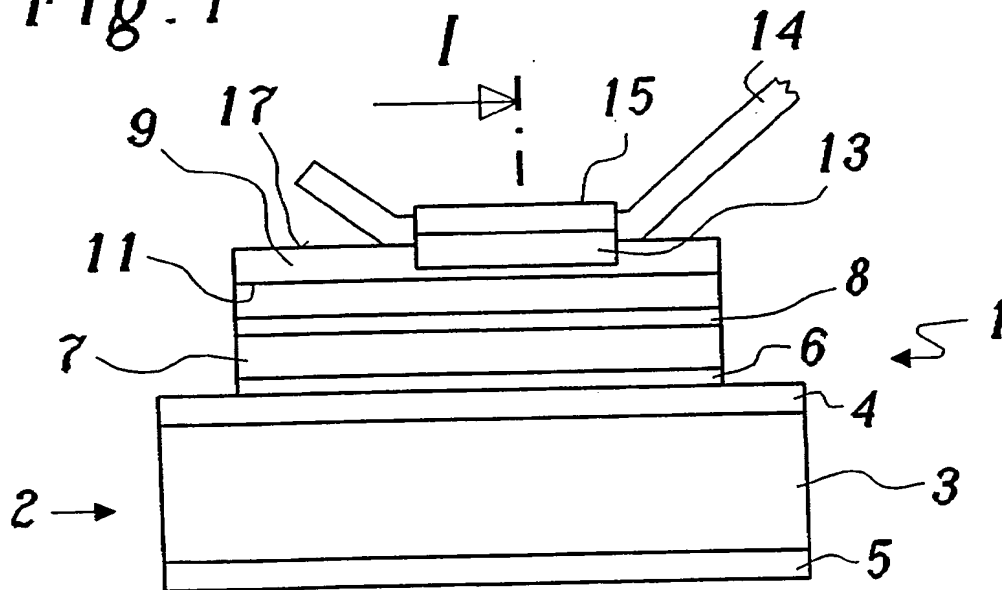


Fig. 2

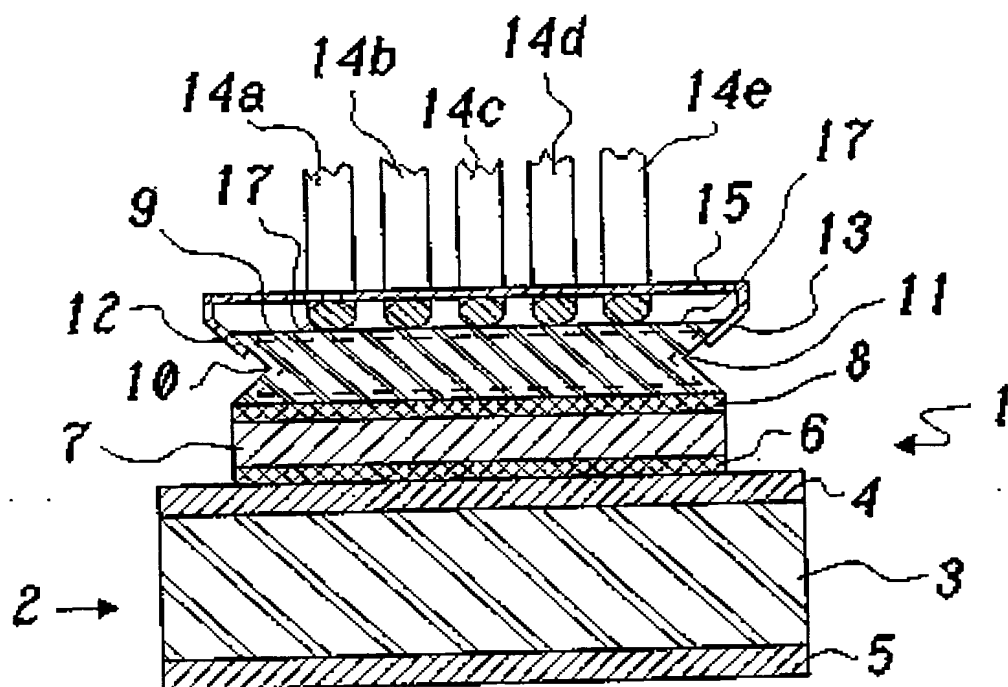


Fig. 1

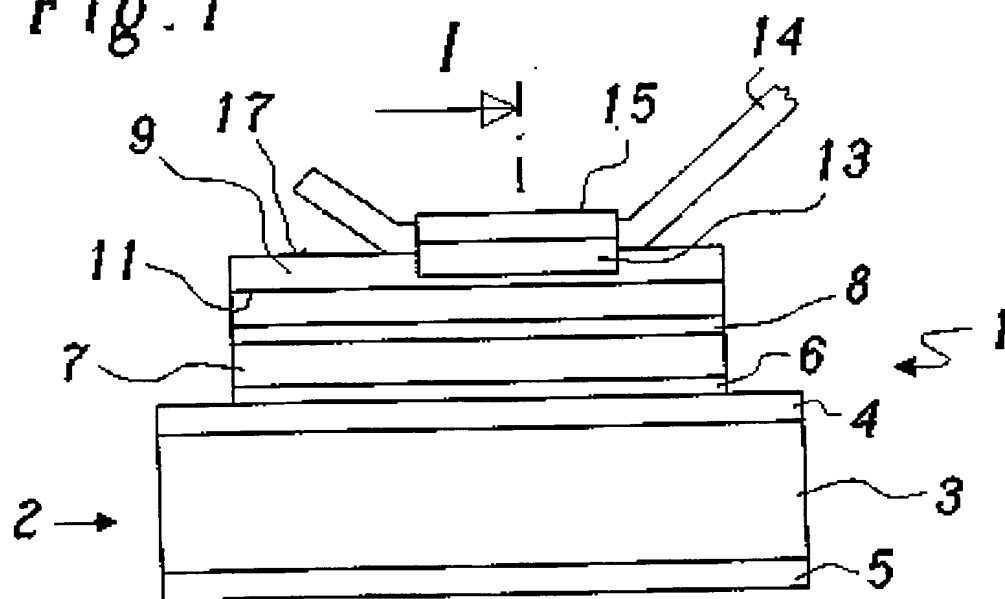


Fig. 2

**BLANK PAGE**